第13卷 第3期　　昆 虫 学 报　　Vol. 13, No. 3
1964 年 5 月　　ACTA ENTOMOLOGICA SINICA　　May, 1964

东亚飞蝗 *Locusta migratoria manilensis* (Meyen) 二型生物学特性的初步研究*

黄亮文　馬世駿
（中国科学院动物研究所）

摘要　本文是研究东亚飞蝗二型生物学特性的一部分报导，目的在于通过二型生物学特性的比較，闡明二型在种羣数量变动上的某些特点。实驗結果指出：1.散居型飞蝗的发育速度大于羣居型。低密度虫羣的成活率亦高于高密度虫羣。2.散居型成虫产卵量高于羣居型，其卵小管数目也比后者稍多。3.若以食物吸收量与取食量的干重比例为指标，則散居型食物利用系数低于羣居型。4.羣居型体內水分含量比散居型低，但脂肪含量則比散居型高，实测結果前者的耐寒性比后者略強。此外，本文还簡单討論了二型的上述特性差异在飞蝗猖獗学上的意义。

一、前　　言

飞蝗变型現象是1921年 Uvarov 指出，說明 *Locusta migratoria* 与 *Locusta danica* 为同一种的二个不同型，卽羣居型 *Locusta migratoria* phasis *gregaria* 与散居型 *Locusta migratoria* phasis *solitaria*，二型之間尙有轉变型，彼此可以互相轉变。

变型学說早为昆虫学家所接受，并經实驗証实。此学說除了在分类学上指出种下存在有种型变异外，还曾被联系到蝗虫猖獗周期性的問題。关于二型形态学的研究，国际上已有大量文献报导，近十年来，在二型的生理学、生态学、以及生化、遺传等方面也有显著的进展。研究对象以非洲飞蝗及沙漠蝗較多。

东亚飞蝗是我国重要农业害虫之一。解放后，对它的形态、生活习性以及生理、生态学及組織学方面都进行了不少的研究。这些研究在我国治蝗工作中起了显著的作用。为了进一步了解种型結构及变型在飞蝗猖獗学上的作用，进行了二型生物学特性及遺传生态学的研究。本文是生物学特性研究的一部分报导，以发育速率及繁殖率为重点比較二型的特点。

二、研 究 方 法

（一）研究材料

此項研究所用的羣居型及散居型蝗虫都是在田間及室內实驗条件下飼养的。室內飼养箱温度控制在 30±1℃，每日光照 8 小时，光源是 40 瓦灯泡，室內飼养箱的容积为 39 × 39 × 39 厘米，田間飼养箱的容积为 50 × 38 × 38 厘米。蝗虫密度的控制，室內分别是 6 头及 54 头；田間分别是 6 头、36 头及 150 头。蝗虫来源系从山东蝗区采回的第一代，选用在 4 小时內孵化的幼蝻。整个生长及发育期間分别飼以小麦及玉米鮮叶。

* 本文系作者黄亮文研究生毕业論文的一部分。
（本文于 1963 年 10 月 22 日收到）。

(二) 观察項目

1. 生长速度,各龄期經历时間。

2. 繁殖力 1)各雌虫的产卵块数及卵粒数。2)解剖观察雌虫卵巢內的卵小管数目。

3. 食物利用系数,以食物吸收量与取食量的干重为比例。

4. 体內脂肪含量的对比 取羽化后 15 天的成虫,分别测定体內脂肪含量,每型各测定20头(♀、♂ 各 10 头)。脂肪测定方法 将新毒死的蝗虫称重,放在 80℃ 的烤箱內,烤 24 小时,然后磨碎称重,再烤干到恆重,然后用装有乙醚的索氏提取器提取,最后計算粗脂肪占干物质的比例。

5. 体內水分含量比較 取羽化后 15 天的成虫,先称虫体鮮重,放在 80℃ 烤箱內烤到恆重,然后計算虫体含水量。

6. 耐寒性比較 測定二型的三龄蝗蝻及成虫的耐寒性。 所用指标包括 1)低温死亡率:从 30℃ 飼养箱逐次轉向低温,每次下降的温度梯度是 5℃,待降到 −5℃时,下降的梯度縮小到 1.5℃。在不同温度下分別置放 2 天,正常供給食料,記載其活动的情况及死亡数。 供試虫数每型各 100 头; 2)測定成虫的过冷却点及冰冻点:系用温差热电偶測定,先将温差电偶一端接触点插在成虫翅基腋內,然后用綫把接触点連同翅膀一起扎紧,放入玻璃管內,再置于 −20℃ 冰箱中进行測定。被測定的蝗虫系羽化后 15 天的成虫,每型測定 20 头,其中雌雄各半。

三、結 果

(一) 蝻期发育速度

田間飼养結果,羣居型由 1 龄发育至成虫的时間平均是 39.09 天,轉变型及散居型分別是 37.86 天及 33.47 天。散居型蝻期比羣居型少 5.62 天,比轉变型少 4.39 天 (見表 1)。

表 1 不同型飛蝗蝻期的歷时比較(北京田間,1961 年)

龄期 \ 項目 / 类型	幅度(天)			平均天数			均差(天)	
	羣居型	散居型	轉变型	羣居型	散居型	轉变型	羣居型与散居型	轉变型与散居型
1	5.25—7.75	5.25—6.75	5.25—7.25	6.08	5.83	6.32	0.25	0.49
2	5.00—8.00	4.00—6.25	4.50—6.25	6.20	5.28	5.36	0.92	0.08
3	5.25—9.00	4.50—7.50	4.00—7.75	6.87	5.48	5.72	1.39	0.24
4	6.50—13.50	5.50—10.25	6.50—12.75	8.45	6.97	9.54	1.48	2.57
5	8.75—16.00	8.75—12.00	8.00—16.25	11.49	9.91	10.92	1.58	1.01
1 龄至成虫				39.09	33.47	37.86	5.62	4.39

二型龄期間的差异显著性測定結果,1龄及 2 龄的散居型蝗蝻与羣居型蝗蝻的发育速度相差不显著 (实測的 t 值比 $P = 0.05$ 时的 t 值为小)。3 龄、4 龄及 5 龄之間的差异則显著(实測 t 值大于 $P = 0.05$ 时的 t 值)。在二型的实际均差方面,3 龄散居型的均差大于羣居型 1.39 天; 4 龄及 5 龄的散居型的均差分別比羣居型大 1.48 天及 1.58 天。

散居型与轉变型的发育速度相差不显著(实測的 t 值均比 $P = 0.05$ 的 t 值小)。

茲再将三型的发育速率的平均值繪于图 1。

从图 1 可以比较清楚地看到散居型的发育速率比羣居型及轉变型都大。轉变型的发育速率恰位于羣居型与散居型之間。

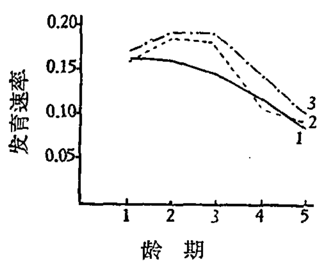


图 1　北京田間飞蝗三种类型的发育速率比較(1961)
1 羣居型；2 轉变型；3 散居型

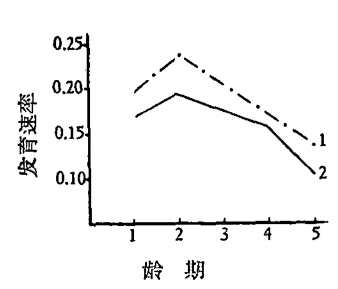


图 2　人工控制条件下飞蝗各龄期的发育速度
1 羣居型；2 散居型

室內 30℃ 恆溫条件下的实驗結果見表 2（实驗期間的平均相对湿度是 61.06%）。从表中可以看到：散居型发育比羣居型快。例如散居型从 1 龄至成虫历时 27.59 天，羣居型历时 32.11 天，散居型比羣居型快 4.52 天。經統計分析証明，二者的差异是显著的（实測的 t 值均比 $P = 0.05$ 时的 t 值大）。

表 2　在 30°C 恆溫下二型飛蝗的生长歷期比較（1960 年）

龄期 \ 項目 / 类型	幅度（天）		平均天数		均差（天）
	羣居型	散居型	羣居型	散居型	羣居型与散居型
1	5.00—8.50	5.00—6.00	5.98	5.24	0.74
2	3.75—6.50	3.50—5.00	5.14	4.23	0.91
3	4.25—7.25	3.75—6.50	5.62	4.95	0.67
4	5.00—8.25	4.75—7.25	6.50	5.77	0.73
5	6.75—12.25	6.00—8.75	8.87	7.40	1.47
1 龄至成虫			32.11	27.59	4.52

再从图 2 亦可以看到，在人工控制条件下生长的蝗虫，同样受虫口密度的影响，发育速率亦有差异，即低密度下的个体平均发育速率較高密度下的大。

（二）不同密度蝗羣的成活率

室內及田間的实驗結果，都表明蝗虫的成活率系随虫口密度的增加而下降。例如室內及田間的試驗，每籠均是 6 头，最后成虫成活率分别为 80.35% 及 88.18%。每籠密度为 54 及 150 头的，其成虫成活率分别为 69.39% 及 54.05%。各龄間的成活率以 1 至 2 龄下降幅度最大（見表 3 所列結果）。

（三）食物利用

二型成虫的取食量及食物利用系数（結果見表 4）有明显差异。羣居型雌雄成虫取食量（干重）都高于散居型，排粪量（干重）則低于散居型。以食物吸收量与取食量的干重比值作为食物利用系数，則羣居型的食物利用系数高于散居型。显著性测定結果，所測 t 值大于 $P = 0.05$ 的 t 值，說明二型間的差异是显著的。

表 3 不同密度飼养下飛蝗平均成活率的比較

齡期 \ 环境 密度 \ 項目	成活率 (%)			
	室內		田間	
	6	54	6	150
2	80.35	83.25	93.18	59.86
3	80.35	81.62	90.68	59.16
4	80.35	74.52	90.68	54.05
5	80.35	71.25	88.18	54.05
成虫	80.35	69.39	88.18	54.05

注 各齡成活率均以最初的虫口为基数所得的递減百分率，均是 4 次重复的平均数。

表 4 二型成虫的取食量及利用系数比較

項目 \ 类型 \ 性別	雌		雄	
	群居型	散居型	群居型	散居型
每头每日取食的干重(克)	0.463	0.455	0.495	0.434
每头每日粪便干重(克)	0.322	0.340	0.240	0.248
平均利用系数 (%)	30.45	25.27	51.51	42.85

(四) 产卵量

以往在蝗区观察，已表明散居型飞蝗生殖力高于羣居型（尤其儆等，1954[1)]；郭郛，1956；馬世駿，1958），本項研究亦获得同样的結果（見表 5），表中所列总卵块数及卵粒总数都系40头的合計。

表 5 不同类型產卵量的比較

环境	类型 \ 項目	总卵块数	总卵粒数	平均每头产卵块数	每块卵的平均卵粒数
田間	散居型	180	13,093	4.50	72.74
	轉变型	151	9,365	3.77	62.02
	羣居型	130	8,285	3.25	63.73
室內	散居型	180	16,542	4.50	91.90
	轉变型	—	—	—	—
	羣居型	132	8,786	3.30	66.56

从表 5 可看出，无論室內或田間的实驗，散居型所产卵块数及卵粒数都高于羣居型，田間轉变型的生殖力恰位于散居型与羣居型之間。此項結果与 Norris (1950) 的非洲飞蝗 (*Locusta migratoria migratorioides* R. & F.) 不同密度生殖力的試驗結果相似，即当

1) 1954 微山湖蝗区研究工作报告(未发表)。

代密度拥挤的成虫，其产卵量少于密度低的成虫。

为了探索二型产卵量差别是否有解剖学上的原因，經将不同虫口密度內羽化的成虫，于羽化后第 10 天解剖，观察卵巢內的卵小管数。兹将解剖 21 头♀虫的結果，以該数的出現頻率为指标繪成图 3 。从图上可以看出同一型內个体間的差异是大的，因此三型之間的卵小管数目的分布曲綫有重迭。若从分布頻率的高低比較，可以看到分布范围不同，散居型分布頻率高峯位于 103—123 之間，羣居型及轉变型重迭較大，羣居型分布頻率高峯位于 98—113，轉变型位于 103—113。再就平均数而言亦有区别，例如散居型平均每头雌虫的卵小管数为 113.8 ± 9.98，轉变型为 110.8±8.90，羣居型为 106.8±9.94。

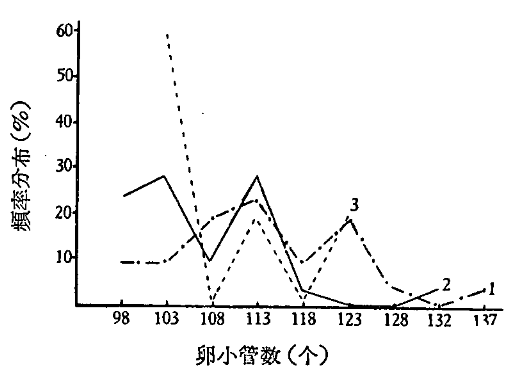


图 3　飞蝗三型卵小管頻率分布
1 散居型；2 羣居型；3 轉变型

为了找出影响二型卵小管数目的密度因素是在亲代抑或是当代，进行了密度对比实驗。实驗計分四組：(I) 組、亲代羣居型，其后代的幼蝻仍保持高密度(羣体)；(II) 組、亲代羣居型，后代幼蝻单独生活；(III) 組、亲代散居型，后代幼蝻保持高密度羣体；(IV) 組、亲代散居型，后代幼蝻单独生活。四組的温度均控制在 27—33℃。成虫羽化后 10 天左右进行解剖，观察其卵巢內的卵小管数。結果(見表 6)表明亲本同屬羣居型的低密度組的卵小管数比高密度組的多，亲本同屬散居型的低密度組的卵小管数目亦多于高密度組。这說明当代密度高低所起的影响比較亲代的密度显著。此外，从表 6 中还可以看到羣居型子代在低密度內的卵小管平均数多于散居型子代的低密度，羣居型子代在高密度內的卵小管数則少于散居型子代低密度。这些差异經测定都极显著(实測的 t 值比 $P = 0.01$ 时的 t 值大)。

表 6　二型飛蝗后代在高低密度下個体卵小管数目比較

項目 \ 亲代 / 后代密度	羣居型		散居型	
	高	低	高	低
平均每头雌虫卵小管数目	99.10±10.13	105.68±10.29	101.21±12.23	103.58±9.02

再就个体間卵小管数的分布頻率进行比較(图 4、5)，可以看出，散居型后代在高密度与低密度的个体卵小管数的頻率分布有重

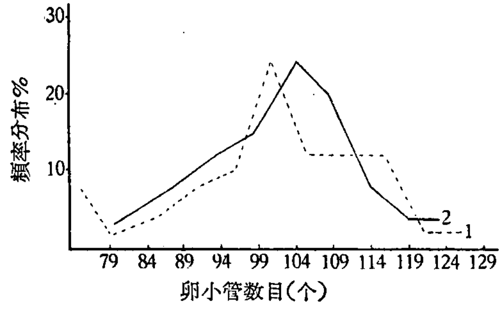


图 4　散居型后代高低密度內个体卵小管数的頻率分布
1 高密度；2 低密度

迭，亦有明显的各自相对集中点，低密度个体的卵小管数比較集中在 104 处，高密度个体的卵小管数則比較集中在 101 处。羣居型后代的个体卵小管数的頻率分布則不如散居型后代的集中，其中高密度分布幅度差异尤大。

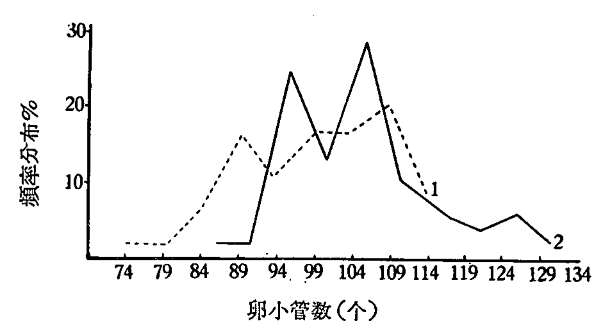


图 5　羣居型后代高低密度內个体卵小管数目的頻率分布
1 高密度；2 低密度

（五）耐寒性

1. 致死低温。实驗結果表明，在 0℃温度以上，二型的三龄蝗蝻及成虫都沒有死亡，在 0℃ 温度以下，二型之間出現了差异（表 7）。在 0℃ 內 24 小时，散居型三龄蝗蝻实际死亡率为 3.22%，羣居型蝗蝻沒有死亡。在温度 −5℃ 內，經过 10 小时的死亡率散居型为 58.06%，羣居型为 46.87%；經过 40 小时，散居型全部死亡，羣居型死亡 80.90%，个别的可超过 100 小时。成虫方面結果見表 8，散居型在 −5℃ 温度內，經 24 小时后，死亡率为 10.69%，羣居型沒有死亡。經 42 小时后，散居型的累积死亡率为 37.10%，羣居型仅有 10.00%。在 −6.5℃ 內，經 20 小时后，散居型的累积死亡率增加到 72.81%，羣居型死亡率未見增加。在 −8℃ 內，經 12 小时后，散居型全部死亡，羣居型仅死亡 70%，直到第 20 小时方全部死亡。从上列結果还可看出，三龄蝗蝻的致死低温是 −5℃，成虫是 −8℃，羣居型的耐低温时間較散居型长。

2. 冰冻点及过冷却点的測定。用羽化后15天左右的成虫（雌雄各 10 头）測定冰冻点及过冷却点，測定結果整理于表 9。

从表中可以看到羣居型成虫的冰冻点及过冷却点都高于散居型，二者的差异是显著的。同一型雌雄之間亦有差异，但不显著。此外，还可看到二型的冰冻点与过冷却点之間的温度差距甚小，都只有 1—2℃。

根据上述致死低温，冰冻点及过冷却点的測定結果，証明羣居型成虫的耐寒性比散居型較强。

（六）体内脂肪含量与水分含量

測定虫体脂肪含量，計分二組进行，第一組蝗虫是田間飼养的未經过低温处理，并以从北京西山采回的散居型飞蝗作对照。第二組蝗虫經过低温处理。每型測定 20 头（雌雄各半），虫龄均是羽化后 15 天。二組的結果見表 10。結果表明羣居型的脂肪含量均比散居型高，轉变型位于二者之間，各型中雄性脂肪含量比雌性稍高。此外，还可看出野生的散居型成虫的脂肪含量又略高于田間飼养的同型成虫。

虫体水分含量的測定結果，与脂肪含量的情况相反，卽不論雌虫或雄虫，羣居型体內的水分含量都低于散居型，轉变型位于二者之間，雌雄沒有明显差异（見表 11）。

此項結果与 Matthèe (1945) 所报导的非洲飞蝗 (*Locusta migratoria migratorioides* R. & F.) 5 龄蝗蝻的結果相似，卽羣居型 5 龄蝻体內水分含量低于散居型，羣居型的脂肪含量則高于散居型。上列羣居型及散居型虫体內脂肪含量和水分含量的差异，可以联系到与二型耐寒性強弱的关系。

表 7　二型三齡蝗蝻在不同温度下死亡率（%）

类型 \ 温度	0℃		－5 ℃																					
时間（小时）	24		10		20		30		40		50		60		70		80		90		100		140	
死亡率(%)	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
散居型	3.22	3.22	54.84	58.06	12.91	70.97	27.42	98.39	1.61	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
羣居型			46.87	46.87	8.51	55.38	22.69	78.07	2.83	80.90	0	80.90	4.24	85.14	5.67	90.81	2.83	93.64	2.83	96.47	2.12	98.59	1.41	100

I　阶段死亡率，　II　累积死亡率

表 8　飛蝗二型成虫在不同温度下的死亡率（%）

类型 \ 温度	－5 ℃				－6.5 ℃				－8℃							
时間（小时）	24		42		20		42		4		6		12		20	
死亡率(%)	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
散居型	10.69	10.69	26.41	37.10	35.71	72.81	—	72.81	21.44	94.25	0	94.25	5.75	100	—	—
羣居型	0	0	10.00	10.00	0	10.00	—	10.00	26.00	36.00	16.00	52.00	18.00	70.00	30.00	100.00

I　阶段死亡率，　II　累积死亡率

表 9　飛蝗二型成虫冰冻点及过冷却点比較

性别 \ 項目 \ 类型	羣居型		散居型	
	冰冻点(℃)	过冷却点(℃)	冰冻点(℃)	过冷却点(℃)
雌	−5.80±1.82	−6.99±1.89	−4.00±1.11	−5.97±1.29
雄	−5.74±0.92	−7.05±0.95	−4.41±1.12	−5.30±1.03

表 10　不同类型飛蝗体內的脂肪含量比較

性别	类型 \ 組别 \ 脂肪含量	虫体內脂肪含量(%)	
		I	II
雌	羣居型	22.41	19.40
	轉变型	11.60	—
	散居型	8.26	12.15
	*散居型[1)]	10.17	—
雄	羣居型	23.80	21.12
	轉变型	12.40	—
	散居型	8.38	13.94
	散居型[2)]	12.23	—

I　未經任何处理，　II　經过过冷却处理
1、2）野外采回的对照

表 11　飛蝗不同类型虫体內水分含量(%)

項目 \ 类型 \ 性别	雌			雄		
	羣居型	轉变型	散居型	羣居型	轉变型	散居型
每头平均水分含量(%)	58.30	66.40	67.30	56.47	66.57	67.37

四、討　論

通过二型生物学特性的研究，初步明确了东亚飞蝗二型的生物学特性与非洲飞蝗及沙漠蝗有許多共同和相异之点。就发育速度及生殖力而言，由高密度产生的羣居型，其发育速度及产卵量都低于散居型，此項結果与 Norris (1950) 在非洲飞蝗密度研究时的結果相似，但与沙漠蝗 (Norris 1952) 不同，沙漠蝗羣居型的产卵量高于散居型。

虫口密度对产卵量及卵巢內卵小管数目的影响，本研究所得結果与 Albrecht (1958) 对非洲飞蝗的試驗結果大体一致，即成虫卵巢中卵小管数目及产卵量与亲代的密度拥挤程度有关，同时受当代密度的影响也很大。蝗蝻及成虫密度都是拥挤的羣居型，卵小管数目比散居型少，产卵量亦低。

东亚飞蝗羣居型的脂肪含量高于散居型，水分含量则低于散居型。此項結果与 Matthèe（1945）对非洲飞蝗 5 龄蝗蝻测定結果相同，因为他指出在非洲飞蝗 5 龄蝗蝻中，散居型虫体的水分含量比羣居型大，但是羣居型的脂肪含量却比散居型高。

在实驗中观察到羣居型的活动強度远大于散居型，特別在蝻期，分析結果証明羣居型的取食量，食物利用系数及体內脂肪含量亦都大于散居型。此項結果与邱式邦（1952）在非洲飞蝗的研究中所得結果类似。他指出，貯藏物质的建立过程与昆虫取食活动密切有关，并証明羣居型蝗虫的雌虫消耗食物比散居型多。而且他認为未成熟的羣居型雌虫脂肪含量比散居型高的原因，可能与羣居型的代謝速率較高有关。从本項工作中还可以推想，羣居型的耐寒性較散居型強的原因，可能与前者虫体脂肪含量相对地較高以及含水量相对地較低有关。

关于变型与大发生的关系問題，自 Uvarov 在早期提出蝗虫的变型与大发生周期有联系的假說以来，曾引起了不少的爭論，因而也推动了有关变型的大量研究工作。近期的研究結果，基本上已証明了变型現象不是蝗虫大发生及其周期性形成的原因。实驗証明增加或降低种羣密度，即可以促使型的改变。型的改变被認为是蝗虫大发生中次生的或属于并发性的平行現象，是种羣密度增加后由于密集或相互拥挤所产生的結果。由于变型不仅表現在形态及行为特征上，还具有相应的一系列生物学特性，如发育速度、生殖力及寿命等，使变型在某种程度上具有調节种羣数量的作用。散居型种羣增长速率大，有利于种羣数量增加，高密度种羣的成活率及生殖力的降低，則有利于減少因密度拥挤所产生的不利因素。因此变型現象不能只認为是蝗虫大发生过程中的一种伴随产物，实具有一定的适应生态意义。

参　考　文　献

郭郛 1956. 东亚飞蝗 (*Locusta migratoria manilensis* (Meyen)) 的生殖。昆虫学报 **6**(2): 145—167。

馬世駿 1958. 东亚飞蝗 (*Locusta migratoria manilensis* (Meyen)) 在中国的发生动态。昆虫学报 **8**(1): 1—40。

尤其儆等 1958. 东亚飞蝗 (*Locusta migratoria manilensis* (Meyen)) 的生活习性。昆虫学报 **8**(2): 119—35。

Albrecht, F. O., Verdier, M. & R. E. Blackith, 1958. Determination de la fertilité par l'effet de groupe chez le criquet migrateur (Locusta migratoria migratorioides. R. et. F.). *Bull. Biol.* (France) **92**(4): 349—427.

Cheu, S. P. (邱式邦) 1952. Changes in the fat and protein content of the African migratory locust (*Locusta migratoria migratorioides* R. et. F.). *Bull. ent. Res.* **43**:101—9.

Jones, P. H. 1958. Laboratory studies on the inheritance of phase characters in locusts. *Anti-Locust Bull.* **29**:1—31.

Key, K. H. 1950. A critique on the phase theory of locust. *Quart. Rev. Biol.* **25**:363—407.

Matthee, J. J. 1945. Biochemical differences between the solitary and gregarious phases of locusts and noctuids. *Bull. ent. Res.* **36**(3):343—71.

Norris, M. J. 1950. Reproduction in the African migratory locust (*Locusta migratoria migratorioides.* R. et. F.) in relation to density and phase. *Anti-Locust Bull.* **6**:1—47.

Norris, M. J. 1952. Reproduction in the desert locust (*Schistocerca gregaria Forsk*) in relation to density and phase. *Anti-Locust Bull.* **13**:1—48.

Uvarov, B. P. 1928. Locusts and grasshoppers. *London, Imp. Bur. Ent.* 144—69.

A PRELIMINARY STUDY ON THE BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE ORIENTAL MIGRATORY LOCUST (*LOCUSTA MIGRATORIA MANILENSIS* (MEYEN)) IN DIFFERENT PHASES

HUANG LIANG-WIN & MA SHIH-CHUN
(*Institute of Zoology, Academia Sinica*)

The present paper deals with the biological characteristics of the oriental migratory locust (*Locusta migratoria manilensis* (Meyen)) in different phases. The results from this investigation show that the biological characteristics of this species in the two phases are remarkably different. These differences may be summarized as follows:

1. The developmental rate and the percentage of survival of the phase solitaria were greater than those of the phase gregaria.

2. The fecundity of the phase solitaria was higher than that of the phase gregaria, and the ovaries of the former had a greater number of ovarioles.

3. The phase gregaria had a larger coefficient of food assimilation, which is the ratio of the amount of food absorbed to the amount of the food eaten, both measured in dry weights in the adult stage.

4. The water content in the body of the phase solitaria was larger than that of the phase gregaria, but the fat content of the former was larger than that of the latter. Consequently, the phase gregaria was more cold-hardy.

Finally, the problem of the phase transformation related to the periodicity of locust outbreaks was also briefly discussed.